

Detection process for transformer core magnetic flux

Patenttinumero: DE19641116
Julkaisupäivä: 1998-04-09
Keksijä(t): PLOETNER CHRISTOPH (DE)
Hakija(t): PLOETNER CHRISTOPH (DE)
Pyydetty patentti: ☐ DE19641116
Hakemusnumero: DE19961041116 19961005
Prioriteettinumero(t): DE19961041116 19961005
IPC-luokitus G01R33/12; H02H7/04
EC-luokitus H02H9/00C2, G01R33/14
Vastineet:

Tiivistelmä

A detection process for transformer cores can be applied whether or not core flow sensors are in use. Without core flow sensors, detection is based on the observation and evaluation of the winding voltage and/or current over a period of time, using a physical transformer model. Where core flow sensors are used, whether measuring coils fixed to the core or external unloaded coils, observation and evaluation of the induced voltage over a time period before and during out-switching will determine flow and a transformer model is not necessary. By determining inductive flow, switching on can be free from current jolt.

Tiedot otettu esp@cenetin tietokannasta - I2

[The main body of the document contains extremely faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side. The text is organized into several paragraphs, with some lines appearing as bulleted lists or numbered items. The content is too light to transcribe accurately.]



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift
⑩ DE 196 41 116 A 1

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 R 33/12
H 02 H 7/04

⑲ Aktenzeichen: 196 41 116.5
⑳ Anmeldetag: 5. 10. 96
㉑ Offenlegungstag: 9. 4. 98

DE 196 41 116 A 1

⑦① Anmelder:
Plötner, Christoph, 98693 Ilmenau, DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE	43 12 764 A1
DE	40 19 592 A1
DE	31 26 379 A1
DE	24 24 716 A1
US	51 17 184

KONSTANZER, Michael: Einschaltstromstöße an
Transformatoren vermeiden. In: etz, Bd. 114,
1993, H. 16, S. 1004-1008;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Detektionsverfahren zum Erfassen des Remanenzflusses eines Transformatorkernes

⑤⑦ Die Remanenzflüsse in verschiedenen Abschnitten ei-
nes Transformatorkernes sind ohne Kernflußsensoren
wie auch unter Verwendung von Kernflußsensoren detek-
tierbar.

Ohne Kernflußsensoren erfolgt die Detektion durch Beob-
achten (Speichern) und Auswerten der zeitlichen Verläufe
der Wicklungsspannungen und/oder der Wicklungsströ-
me vor und während des Ausschaltvorganges, wobei die
Auswertung der gemessenen Verläufe zur Bestimmung
der Remanenzflüsse unter Verwendung eines physika-
lisch basierten Transformatormodells geschieht.

Bei Verwendung von Kernflußsensoren sind diese entwe-
der auf den Kern aufgebrachte Meßwicklungen oder un-
belastete ausgeführte Wicklungen. Durch Beobachten
(Speichern) und Auswerten der zeitlichen Verläufe der in-
duzierten Spannungen vor und während des Ausschalt-
vorganges wird die Bestimmung der Remanenzflüsse in
den Abschnitten des Transformatorkernes ermöglicht. Ein
Transformatormodell ist nicht erforderlich.

DE 196 41 116 A 1

Die Erfindung betrifft Detektionsverfahren mit und ohne Kernflußsensoren zum Erfassen der Remanenzflüsse in Transformatorkernen durch Beobachten und Auswerten der Sensorsignale bzw. der zeitlichen Verläufe der Spannungen an den Wicklungen und / oder der Wicklungsströme vor und während des Ausschaltvorganges.

Bekannt sind Einrichtungen und Verfahren, die den Remanenzfluß von Transformatorkernen während des Einschaltvorganges durch verschiedene Schaltvorgänge so einstellen, daß Einschaltstromstöße der Transformatoren vermindert werden (DE 40 19 592, DE 43 12 764). Sie besitzen den Nachteil, daß die Transformatoren dabei mehrfach ein- und ausgeschaltet werden müssen. Insbesondere bei großen Transformatoren erweist sich diese Vorgehensweise zur Unterdrückung des Einschaltstromstoßes als problematisch. Bekannt sind außerdem Korrelationen zwischen den Zuschaltzeitpunkten der einzelnen Phasen und den Remanenzflüssen für stoßstromfreies Einschalten von Transformatoren. Für deren Anwendung ist es erforderlich, die Remanenzflüsse des Transformatorkernes vor dem Einschalten zu kennen. Diese Notwendigkeit wird in der DE 36 14 057 formuliert: Im Anspruch 4 ist der "magnetische Zustand der Induktivität vor dem Anschalten" zu messen, wozu in der Beschreibung eine Hallsonde vorgeschlagen wird. Die Umsetzung dieses Vorschlages ist fraglich, da es erstens normalerweise nicht möglich ist, die Hallsonde in Flußrichtung, also im Transformatorkern, anzuordnen und zweitens mit einer Hallsonde nur ein Teilfluß erfaßt werden kann, aus dem auf den Gesamtfluß geschlossen werden muß. In der DE 36 14 057 und in anderen Quellen wird weiterhin auf die Möglichkeit des definierten Ausschaltens von Transformatoren hingewiesen, durch die die Remanenzflüsse eingestellt werden können. Dieser Vorschlag ist unter der Voraussetzung realisierbar, daß die Bedingungen vor dem Ausschalten klar definiert sind. Gerade das ist aber für Leistungstransformatoren nicht gegeben, da im Fall von Havarieabschaltungen die Flußverhältnisse im Transformatorkern unbekannt sind. Daraus folgt, daß die Bestimmung der Remanenzflüsse vor dem Einschalten von Transformatoren nur unter Einbeziehung von Messungen erfüllt werden kann. Dieses Problem ist bis heute nicht befriedigend gelöst.

Die Remanenzflüsse in den Abschnitten eines Transformatorkernes werden vorrangig vom letzten Ausschaltvorgang des Transformators bestimmt. Sie stellen sich in Millisekunden nach dem Ausschalten ein und vermindern sich anschließend nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten mit sehr großen Zeitkonstanten. Unter Kenntnis der Remanenzflüsse nach dem Ausschalten und der Gesetzmäßigkeiten der sich anschließenden Remanenzminderung können die Remanenzflüsse für den darauffolgenden Einschaltvorgang bestimmt werden.

Die Aufgabe der Erfindung ist die Bestimmung der Remanenzflüsse in den Abschnitten von Transformatorkernen aus dem Ausschaltvorgang zum Zwecke des stoßstromfreien Einschaltens.

Die Lösung der Aufgabe wird mit den in den Patentansprüchen ausgeführten Detektionsverfahren erreicht.

Nachfolgend wird die Remanenzflußbestimmung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Zur Detektion des Remanenzflusses mit Kernflußsensor gehörig zeigt Fig. 1 idealisiert die zeitlichen Verläufe der induzierten Spannung 1 und deren Integration 2

ohne Berücksichtigung der Integrationskonstanten für einen Kernflußsensor (Meßwicklung), beginnend zwei Netzperioden 7 vor dem Ausschalten 3 bis zum vollständigen Abschluß des Ausschaltens 4.

Zur Detektion des Remanenzflusses ohne Kernflußsensor gehörig zeigt Fig. 2 die gemessenen zeitlichen Verläufe der Spannung 8 und des Stromes 9 der erregten Wicklung eines leerlaufenden Einphasentransformators, beginnend ungefähr eine Netzperiode 12 vor dem Ausschalten 13 bis zum vollständigen Abschluß des Ausschaltens 14. Weiterhin ist in Fig. 2 der mit einem physikalisch basierten Modell des verwendeten Transformators berechnete Flußverlauf 11 unter Verwendung des Stromverlaufes 9 als Eingangsgröße für die Simulationsrechnung sowie zum Vergleich der mit einem Kernflußsensor ermittelte Flußverlauf 10 dargestellt.

Erstes Ausführungsbeispiel

Auf jeden Schenkel eines Transformators ist ein Kernflußsensor (Meßwicklung) aufgebracht. Die an den Klemmen induzierten Spannungen 1 werden mit Analog-Digital-Wandlern diskretisiert und fortlaufend in Ringspeicher eingelesen. Nach vollständigem Abschluß des Ausschaltens 4 des Transformators wird das Einlesen von Spannungswerten in die Ringspeicher durch die Steuerung gestoppt. Durch Integration der im Speicher vorliegenden diskretisierten Spannungsverläufe beginnend mit einer oder mehreren stationären Netzperioden, erfolgt die Bestimmung der zeitlichen Flußverläufe 2. Dabei sind die Integrationskonstanten zunächst unbekannt und die Flußverläufe in ihrer Gesamtheit um einen Betrag 6 verschoben. Aus den stationären Netzperioden vor dem Abschalten können die Integrationskonstanten bestimmt werden, die Flußmittelwerte sind während dieser Zeit gleich Null. Die Integrationen sind jetzt vollständig und die Remanenzflüsse 5 des Transformatorkernes durch die Endwerte der Integrationen und die Verschiebung der Flußverläufe 6 bekannt. Im Ausführungsbeispiel wird die Analog-Digital-Wandlung, die Integration, die Speicherung und die gesamte Steuerung mit einem Microcontroller durchgeführt.

Zweites Ausführungsbeispiel

Die Spannungen 8 und / oder die Ströme 9 aller Wicklungen werden mit Analog-Digital-Wandlern diskretisiert und fortlaufend in Ringspeicher eingelesen. Nach vollständigem Abschluß des Ausschaltens 14 des Transformators wird das Einlesen von Spannungs- und / oder Stromwerten in die Ringspeicher durch die Steuerung gestoppt. Die im Speicher abgelegten Werte sind die Eingangsgrößen für die folgende Computer-Berechnung des Ausschaltvorganges mit einem physikalisch basierten Transformatormodell, das es erlaubt, die Flußverläufe 11 in einzelnen Abschnitten des Transformatorkernes zu bestimmen. Die Remanenzflüsse 15 ergeben sich als die Endwerte der Flußverläufe 11 nach vollständigem Abschluß des Ausschaltvorganges 14. Die erforderlichen Anfangsbedingungen für die Berechnung können nur im stationären Betrieb 12 für jeden Zeitpunkt ermittelt werden. Man erhält sie durch eine Simulationsrechnung oder durch Interpolation aus einem entsprechenden vorher abgelenkten Datensatz. Die aufgezeichneten Werte im Speicher müssen deshalb für einen Zeitpunkt beginnen, der vor dem Ausschalten 13 liegt. Die Nachbildung der Kernabschnitte im Transfor-

matormodell muß mit einem Hysteresemodell erfolgen, daß die im Eisen ablaufenden Vorgänge richtig erfaßt. Nur so können die Remanenzflüsse 15 berechnet werden. Im Ausführungsbeispiel wurde das Jiles-Atherton-Modell ("Journal of Magnetism and Magnetic Materials", Heft 61, Jahrgang 1986, Seiten 48 bis 60) dafür verwendet.

Mit der Erfindung wird erreicht, daß die bekannten Schaltvorschriften für gesteuertes Einschalten von Transformatoren ohne oder mit vermindertem Einschaltstromstoß praktisch angewendet werden können. Insbesondere sind für die auf eine Ausschaltung folgende Einschaltung die dabei in den Abschnitten des Transformatorckernes vorhandenen Remanenzflüsse aus den ermittelten Remanenzflüssen 5 und 15 und den Gesetzmäßigkeiten der Remanenzminderung, sofern eine Berücksichtigung erforderlich ist, bestimmt.

Patentansprüche

1. Detektionsverfahren zum Erfassen des Remanenzflusses eines Transformatorckernes, insbesondere zum Erfassen der Schenkelremanenzflüsse von Leistungstransformatoren mittels Kernflußsensoren, Speicher, Integratoren und Steuereinheit dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren zusätzliche auf den Kern aufgebrachte Meßwicklungen oder ausgeführte Wicklungen sind, deren Spannungsverläufe 1 vor und während des Ausschaltvorganges beobachtet und ausgewertet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsverläufe 1 an den Meßwicklungen mindestens eine stationäre Netzperiode vor dem Eintritt des zur Ausschaltung 3 führenden Ereignisses beginnend bis zum vollständigen Abschluß des Ausschaltvorganges 4 in einen Speicher eingelesen werden, aus dem anschließend mittels Integratoren unter Beachtung der Integrationskonstanten die Remanenzflüsse S ermittelt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Speicher ein Ringspeicher (first in — first out) ist, in den während des Transformatorbetriebes fortlaufend bis zum vollständigen Abschluß des Ausschaltvorganges 4 die Spannungsverläufe 1 eingelesen werden, wobei der Ringspeicher so groß sein muß, daß nach Beendigung des Einlesens die gespeicherten Werte den gesamten Ausschaltvorgang beschreiben, beginnend mindestens eine stationäre Netzperiode vor dem Eintritt des zur Ausschaltung 3 führenden Ereignisses.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Spannungen 1 mittels Integratoren die magnetischen Flüsse 2 unmittelbar (online) bestimmt werden, ohne diese Verläufe zwingend in den Speicher einlesen zu müssen, fortlaufend oder mindestens eine Netzperiode vor dem Eintritt des zur Ausschaltung 3 führenden Ereignisses beginnend bis zum vollständigen Abschluß des Ausschaltvorganges 4, wobei aus den Endwerten der Integrationen die Remanenzflüsse 5 unter Beachtung der Integrationskonstanten ermittelt werden.
5. Detektionsverfahren zum Erfassen des Remanenzflusses eines Transformatorckernes, insbesondere zum Erfassen der Schenkelremanenzflüsse von Leistungstransformatoren dadurch gekennzeichnet,

daß die zeitlichen Verläufe der Wicklungsspannungen 8 und/oder der Wicklungsströme 9 vor und während des Ausschaltvorganges beobachtet und ausgewertet werden, ohne daß Kernflußsensoren erforderlich sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitlichen Verläufe der Spannungen 8 und/oder -ströme 9 der Wicklungen vor dem Eintritt des zur Ausschaltung 13 führenden Ereignisses beginnend bis zum vollständigen Abschluß des Ausschaltvorganges 14 in einen Speicher eingelesen werden und diese in einer sich anschließenden Berechnung der Flußverläufe 11 unter Beachtung der Integrationskonstanten mit einem physikalisch basierten Transformatormodell zur Bestimmung der Remanenzflüsse 15 als Eingangsgrößen verwendet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Speicher ein Ringspeicher (first in — first out) ist, in den während des Transformatorbetriebes fortlaufend bis zum vollständigen Abschluß des Ausschaltvorganges 14 die Werte der zeitlichen Verläufe der Wicklungsspannungen 8 und/oder der Wicklungsströme 9 eingelesen werden, wobei der Ringspeicher so groß sein muß, daß nach Beendigung des Einlesens die gespeicherten Werte den gesamten Ausschaltvorgang beschreiben, beginnend ab einem Zeitpunkt vor dem Eintritt des zur Ausschaltung 13 führenden Ereignisses.

8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetischen Flüsse 11 im Transformatorckern während des Betriebes fortlaufend oder beginnend vor Eintritt des zur Ausschaltung 13 führenden Ereignisses bis zum vollständigen Abschluß des Ausschaltvorganges 14 durch eine Online — Simulationsrechnung mit einem physikalisch basierten Transformatormodell unter Verwendung der zeitlichen Verläufe der Wicklungsspannung n 8 und/oder der Wicklungsströme 9 als Eingangsgrößen und unter Beachtung der Integrationskonstanten ermittelt werden, wobei die Endwerte die gesuchten Remanenzflüsse 15 sind.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

- Leerseite -

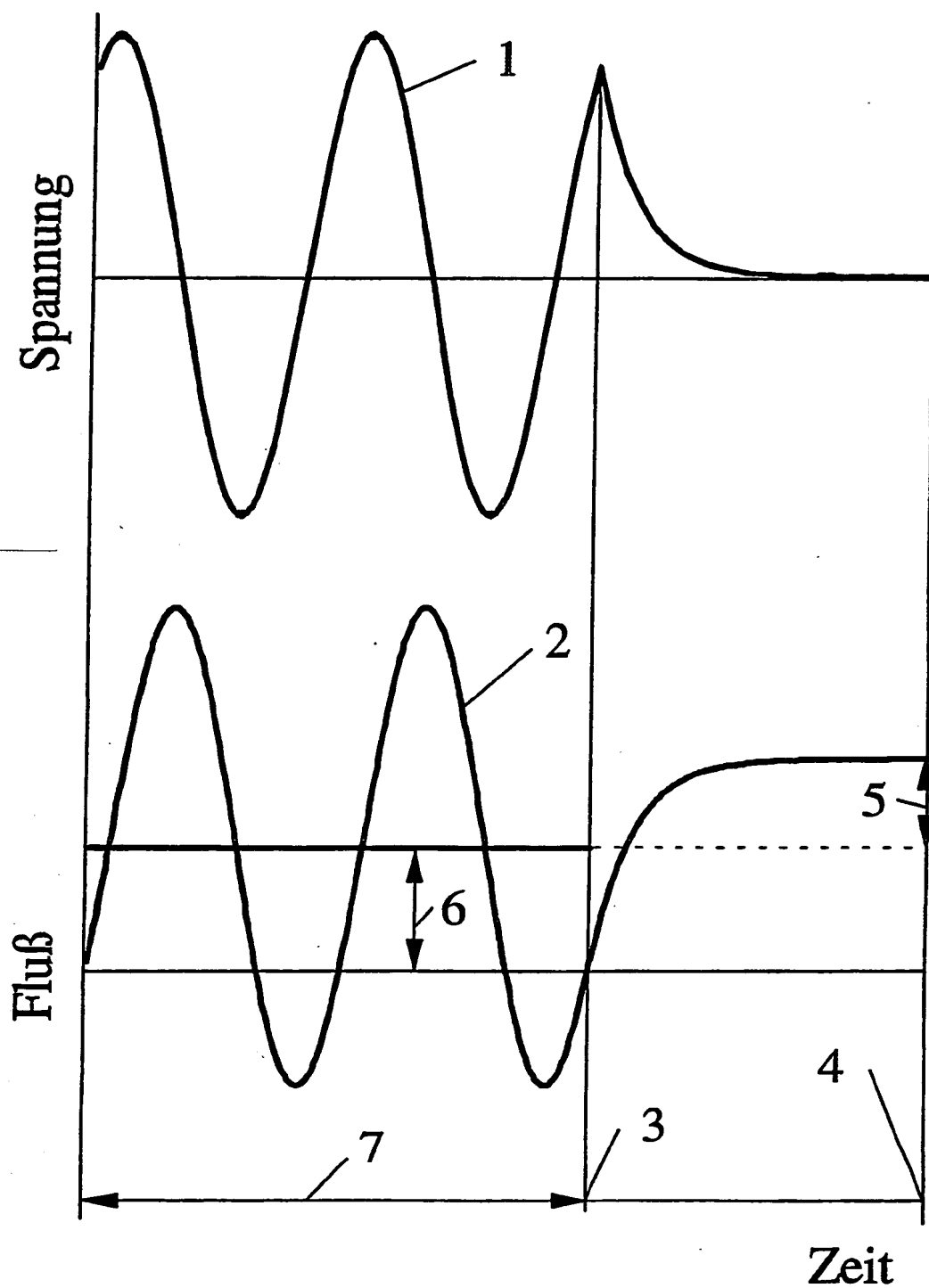


Fig. 1

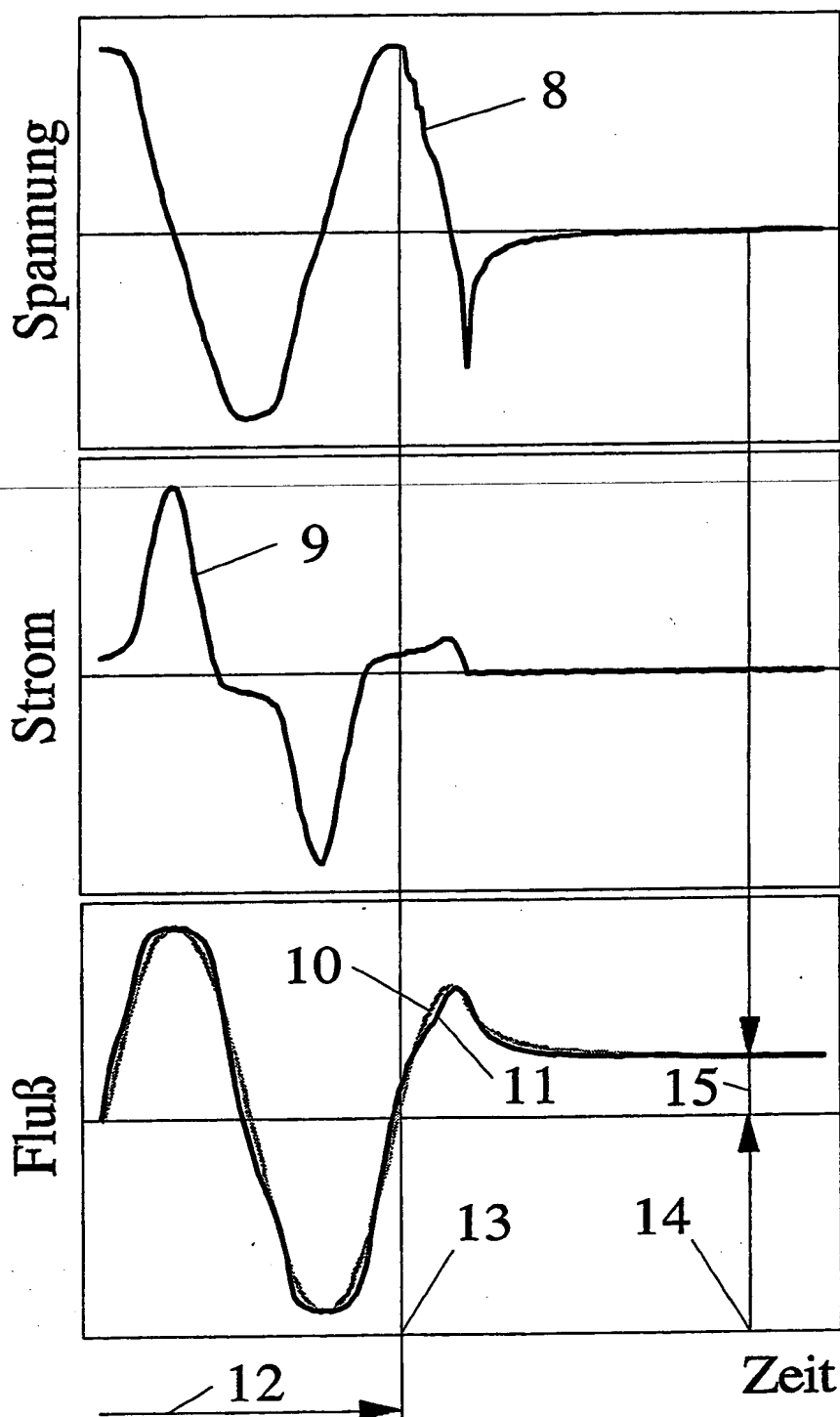


Fig. 2